

# IMAGEAMENTO ELÉTRICO 2-D APLICADO A EXPLORAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO EMBASAMENTO DA BACIA DE CURITIBA (PR)

Rodoilton Stevanato<sup>1</sup>; Francisco J. F. Ferreira<sup>1</sup>; Ernani F.da Rosa Filho<sup>1</sup> & Eduardo C. Hindi<sup>1</sup>

**Resumo** Os *campi* da Universidade Federal do Paraná (UFPR) situam-se na Formação Guabirota (Qpg), Bacia de Curitiba, a qual assenta-se sobre o embasamento gnáissico-migmatítico. Em função da pouca potencialidade do aquífero Qpg (espessura média de 50m), o trabalho buscou identificar descontinuidades no embasamento favoráveis à percolação de águas subterrâneas. A pesquisa envolveu dados de 7.460 metros lineares de imageamento elétrico 2-D, adquiridos com o arranjo dipolo-dipolo, espaçamento entre os eletrodos de corrente e de potencial de 40-50 metros, investigando-se 6 e 10 níveis de profundidade. Os resultados das pseudoseções e dos modelos de profundidade obtidos por inversão, mostraram um incremento da resistividade com a profundidade, delineando bem o contato Qpg-embasamento. A interpretação dos modelos resultou na identificação de várias descontinuidades, caracterizadas por valores de resistividade entre 20-30 ohm.m, em contraposição ao embasamento resistivo (superiores a 30 ohm.m). Finalmente, a locação dos poços foi baseada na coincidência entre descontinuidades elétricas e lineamentos fotogeológicos.

**Abstract** The *campi* of the Universidade Federal do Paraná (UFPR) are built over sediments of Guabirota Formation (Qpg – ca. 50 m thick), Curitiba Basin. Because of the poor yielding of Qpg wells, an electrical imaging survey was carried out to detect discontinuities in the Guabirota Formation's gnaissic-migmatitic basement favorable to the percolation of ground water. The survey involved data from 7,460 m of 2-D electrical surveying carried out with dipole-dipole array with 40-50 m spacing between adjacent current and potential electrodes. The depth levels investigated with this electrode array were six and ten. The resistivity pseudosections and inversion models show an increment of resistivity with depth, which delineates the contact between the Guabirota Formation and its basement. The interpretation of the inverse models led to the identification of several discontinuities marked by resistivity values between 20-30 ohm.m as compared with values from the resistive basement (higher than 30 ohm.m). Wells were then located based on the coincidence of electrical discontinuities and geologic lineaments interpreted from aerial photographs.

**Palavras-chave:** imageamento elétrico, Bacia de Curitiba; água subterrânea.

---

<sup>1</sup> Departamento de Geologia – UFPR, Centro Politécnico, Jardim das Américas, Curitiba-PR, Brasil, Fone/Fax: 41-361-3132, Caixa Postal 19001, CEP 81531-990, e-mail: [lpga@ufpr.br](mailto:lpga@ufpr.br)

## INTRODUÇÃO

Os custos médios anuais da Universidade Federal do Paraná – UFPR com o pagamento de contas de água e esgoto, no período 1998-2001, giraram em torno de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais). Nos últimos quatro anos, conforme se pode observar na Figura 1, não obstante o consumo médio tenha se estabilizado ao redor de 300.000 m<sup>3</sup>/ano, os custos com água e esgoto saltaram de R\$ 685.544,60 em 1998 para R\$ 1.046.290,10 em 2001, portanto um incremento de 52%, refletindo o aumento das tarifas. Na tentativa de quantificar com precisão as despesas com contas de água (excluindo-se aquelas com esgoto, as quais representam uma sobretaxa de 80%), no ano de 2001, por sítio da UFPR, foi realizada uma pesquisa com base nos dados da Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar, fornecidos pela UFPR.

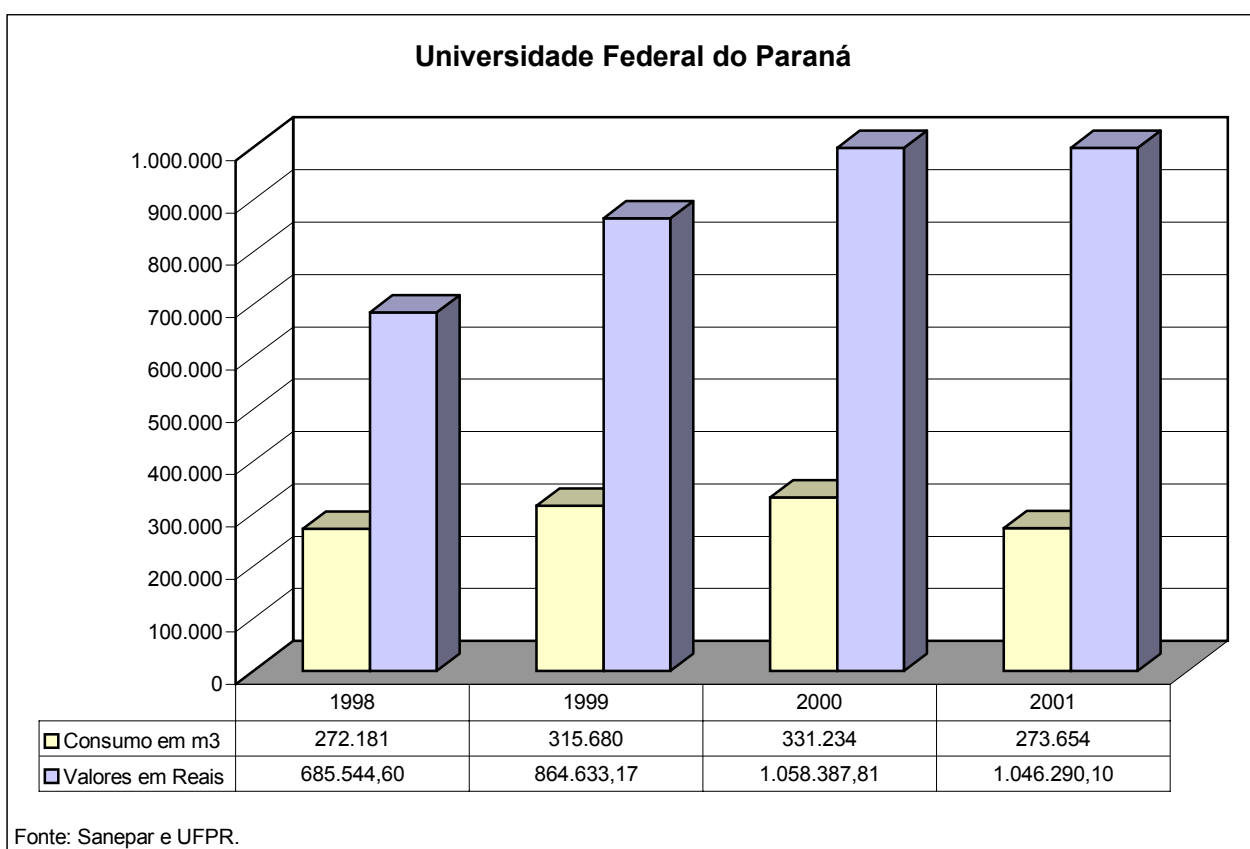


Figura 1 – Consumo e custos com água e esgoto na UFPR durante o período 1998-2001.

Diante deste quadro o Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada – LPGA, com o apoio do Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas – LPH, ambos do Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra da UFPR conceberam o presente projeto de pesquisa, cujo principal objetivo é propor a execução de poços tubulares profundos visando minimizar os custos da UFPR com contas de água nos diversos *campi*. Neste trabalho são apresentados os resultados geofísicos obtidos nos *campi* do Centro Politécnico, Jardim Botânico e Centro de Estações Experimentais (Fazenda

Cangüiri). Estes três sítios da UFPR representaram 75% dos custos globais com água no ano de 2001 (Tabela 1).

Sítios da UFPR	Consumo (m <sup>3</sup> )	Custo em Reais (R\$)
Centro Politécnico e Escola Técnica	153.980	326.136,12
Jardim Botânico e Educação Física	43.082	92.322,28
Setor de Ciências Agrárias (Juvevê)	31.662	67.822,64
Reitoria e Edifícios D. Pedro I e D. Pedro II	13.250	28.349,84
Hospital de Clínicas	10.128	21.374,76
RU/DCE e BC/CEUC (Rua Gal. Carneiro, 360)	8.321	17.375,38
Fazenda Cangüiri	4.957	10.500,18
Santos Andrade	3.654	7.783,00
DANC (Rua Ébano Pereira)	2.329	4.945,14
Imprensa Universitária (Juvevê)	663	1.321,38
PRHAE	442	918,32
Casa do Morador (Al. D. Pedro II e R. Pasteur)	440	914,20
PRA, Bens Inservíveis e Casa do Morador	434	886,88
Educação Física (Casa do Morador)	238	480,96
Centro de Estudos do Mar – CEM	74	141,22
Totais (ano base 2001)	273.654	581.272,30

Tabela 1 – Distribuição durante o ano de 2001, por sítio da UFPR, do consumo (m<sup>3</sup>) e dos custos (R\$) com contas de água (Fonte: Sanepar e UFPR).

## CONTEXTO GEOLÓGICO

O embasamento da Bacia de Curitiba (Figura 2) é formado principalmente por migmatitos, subordinados por diversos tipos litológicos como paragnaisses, quartzitos, micaxistos, anfibolitos, granitos-gnáissicos e anfibolitos, situados a oeste, norte e nordeste da Bacia<sup>[1]</sup>. As unidades geológicas que compõem este substrato pertencem a domínios estruturais distintos. A norte, os metassedimentos proterozóicos estão orientados segundo a direção NE-SW, e os migmatitos e gnaisses que ocorrem a norte, centro e sul, estão recortados por sistemas de falhamentos com direções NE-SW, N-S e E-W<sup>[2]</sup>. Secionando todas estas litologias, ocorrem diques de dolerito dispostos segundo a direção NW-SE. Estes domínios estruturais integram grandes sistemas que controlam as bacias terciárias de Curitiba, Pariquera-Açu, São Paulo, Taubaté e Resende<sup>[3]</sup> (Figura 3).

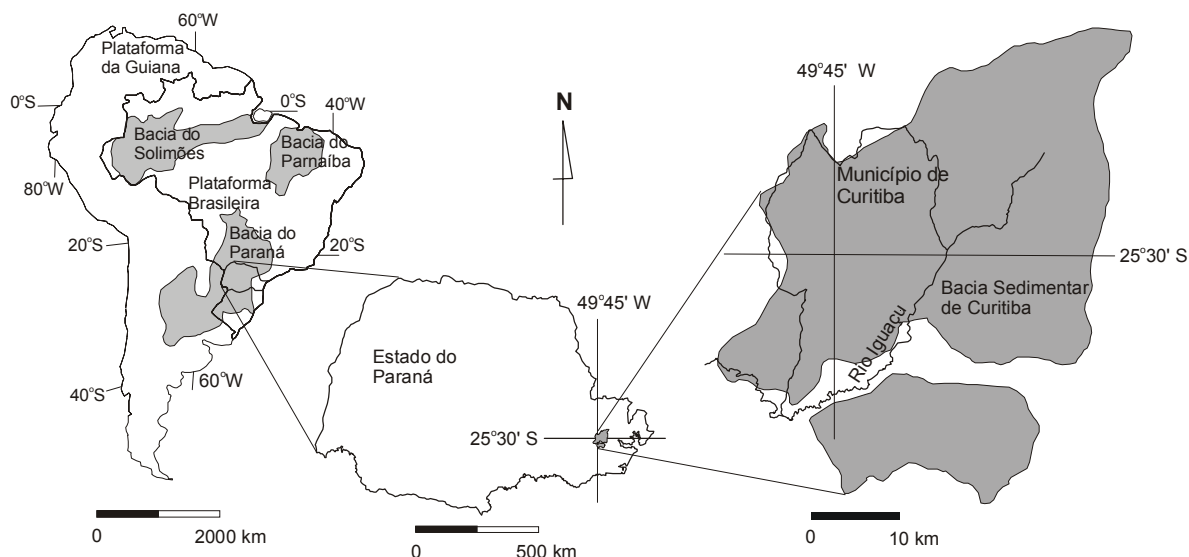


Figura 2 – Mapa de localização da Bacia Sedimentar de Curitiba.

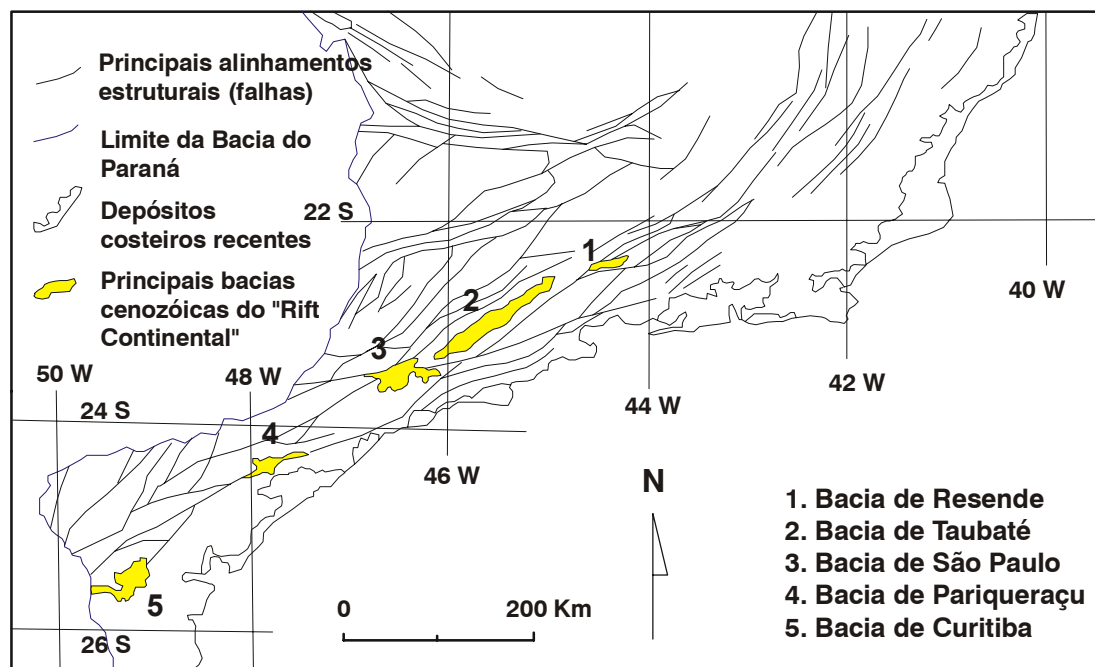


Figura 3 – Mapa de localização das bacias tafrogênicas do *Rift Serra do Mar* <sup>[1]</sup>.

Os principais sistemas aquíferos da cidade de Curitiba e região metropolitana localizam-se em fraturas que recortam migmatitos e gnaisses, eventualmente associados a diques de dolerito; em lentes arcósias da seção sedimentar da Bacia de Curitiba e em aluviões recentes<sup>[2]</sup>. Os *campi* da UFPR situam-se na Formação Guabirotuba, Bacia de Curitiba, a qual assenta-se sobre o embasamento gnáissico-migmatítico do escudo leste-paranaense (Figura 4). A Formação Guabirotuba é constituída por argilitos, arcósios, margas, areias e cascalhos, apresentando uma espessura média de 50 metros. Os argilitos são predominantes em toda a seção e apresentam intercalações de arcósios. Os arcósios possuem granulometria grossa, são sub-angulosos e apresentam coloração esbranquiçada a rosada. As lentes de arcósios mostram distribuição espacial esparsa e verticalmente sucedem-se ao longo do perfil, com espessuras centimétricas, embora

raramente atinjam até 20 metros, especialmente na base da coluna sedimentar, próxima ao contato com o embasamento cristalino<sup>[2]</sup>.

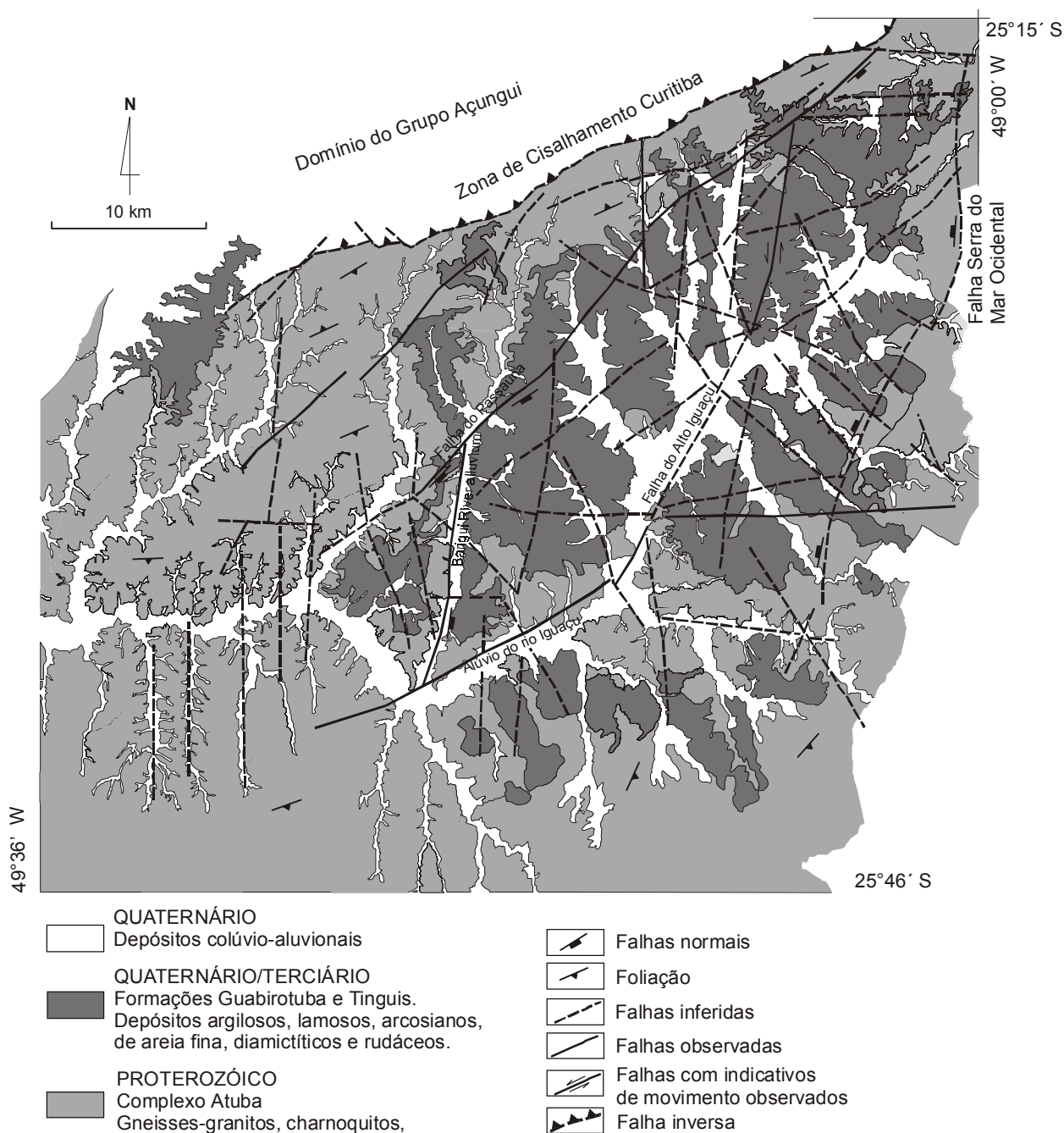


Figura 4 – Mapa geológico simplificado da Bacia de Curitiba e arredores <sup>[1]</sup>.

## CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os aquíferos relacionados aos sedimentos da Formação Guabirota (Bacia de Curitiba) são considerados pouco promissores<sup>[4]</sup>, apesar de vazões localizadas da ordem 80 m<sup>3</sup>/h<sup>[5]</sup>, tanto pela pouca expressão volumétrica dos reservatórios (lentes de arcósios), quanto pela qualidade das águas, as quais denotam elevados teores de ferro total (média de 0,72 ppm em 18 poços<sup>[6]</sup>), além de outras conseqüências relacionadas com a turbidez e a cor das águas. Neste sentido, a tendência atual é

dirigir os estudos hidrogeológicos para a identificação de discontinuidades (fraturas) no embasamento da Bacia de Curitiba, favoráveis à percolação de águas subterrâneas. Considerando as dificuldades dos métodos convencionais para localizar tais discontinuidades, julgou-se conveniente utilizar a técnica do imageamento elétrico 2-D, com o objetivo de identificar as fraturas do embasamento e propor locações de poços tubulares profundos.

## MÉTODOS

Os métodos empregados na prospecção de águas subterrâneas no embasamento cristalino da Bacia de Curitiba, levou em consideração vários critérios de locação como levantamentos geofísicos, fotointerpretação e geologia estrutural. No presente estudo procurou-se integrar estes diferentes critérios, com ênfase na interpretação geofísica, apoiada por fotointerpretação, visando selecionar sistemas de fraturas de direção N-S<sup>[7]</sup>, interceptados por sistemas NW-SE e NE-SW, considerados favoráveis à percolação de águas subterrâneas.

### Imageamento Elétrico 2-D

O princípio dos métodos elétricos de prospecção (Figura 5) é baseado na injeção, no terreno, de uma corrente  $I$  através de dois eletrodos (A e B) e na medida da diferença de potencial  $\Delta V$ , entre outros dois eletrodos (M e N). A função resistividade aparente ( $\rho_a$ ) é dada pela seguinte expressão:

$$\rho_a = K * \Delta V / I \quad (1)$$

O fator  $K$  que multiplica  $\Delta V / I$  é puramente geométrico e depende apenas da disposição dos eletrodos A, B, M e N. A resistividade aparente ( $\rho_a$ ) não é um parâmetro físico do meio, mas um efeito integrado sobre um segmento do semi-espaco, para a qual contribuem os valores da resistividade em cada ponto, a geometria elétrica do terreno e a disposição geométrica dos eletrodos.

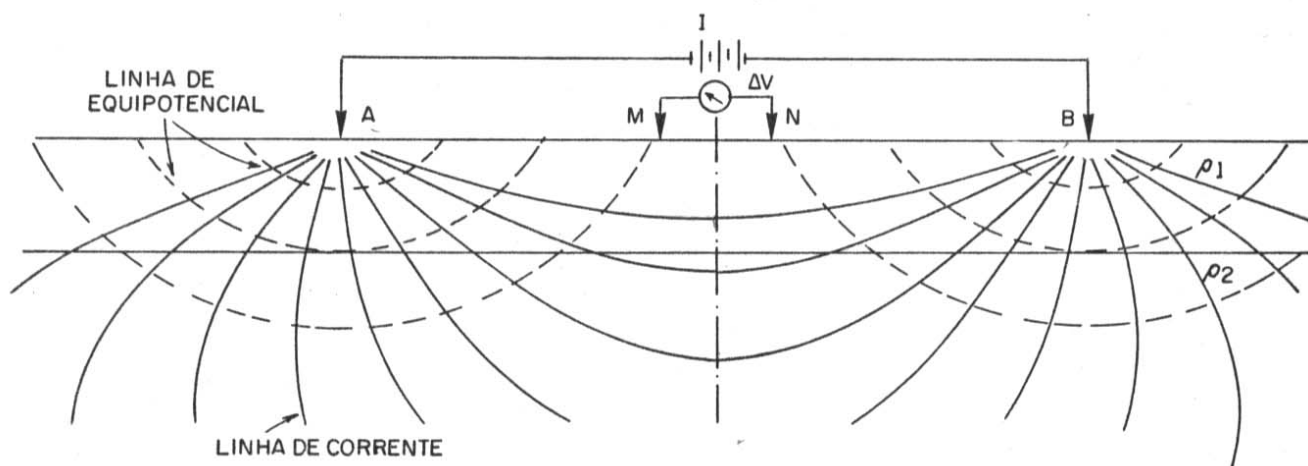


Figura 5 – Ilustração do princípio dos métodos elétricos de prospecção.

## Arranjos Dipolo-Dipolo e Gradiente

Na prática dos levantamentos de imageamento elétrico denomina-se geralmente a fonte de corrente como transmissor e os circuitos relacionados com os eletrodos de potencial como receptor. O arranjo dos eletrodos normalmente utilizado neste tipo de levantamento é o dipolo-dipolo (mais sensível na identificação de estruturas verticais), onde a separação entre os eletrodos de corrente (AB) é a mesma dos eletrodos de potencial (MN). O procedimento mais comum é posicionar os eletrodos de corrente (AB) no início da linha. As leituras são feitas através de pares sucessivos de eletrodos de potencial (MN), igualmente espaçados. O transmissor (AB) é então deslocado para a próxima posição, na mesma linha, e o procedimento é então repetido. Os valores medidos ao longo do perfil são desenhados de acordo com a Figura 6. A mencionada figura mostra que a posição do transmissor está relacionada a uma linha que parte do ponto médio entre os eletrodos de corrente, segundo um ângulo de  $45^\circ$ . Esta linha é interceptada por outras, também com inclinações de  $45^\circ$ , partindo do ponto médio de cada par de eletrodos de potencial. Os valores medidos pelo receptor, nas diferentes posições, são posicionados nas interseções entre as linhas inclinadas. Observe que os pontos assim desenhados situam-se abaixo da metade da distância entre os pontos médios do transmissor-receptor ao longo da linha e que a profundidade destes pontos aumenta na medida em que a separação transmissor-receptor também aumenta.

A Figura 6(a) mostra os pontos de leitura (interseções), a partir de posições sucessivas do transmissor. Para cada posição do transmissor, o procedimento ilustrado na figura anterior é repetido (b). Esta forma de apresentação dos dados, denominada pseudoseção, permite que os valores de resistividade aparente sejam contornados, como esquematizado na Figura 6(c), gerando uma imagem da posição relativa das fontes. Entretanto tais contornos não refletem o posicionamento real das fontes, mas uma aproximação de onde, ao longo do perfil, uma determinada fonte pode estar situada e se a mesma é relativamente rasa ou profunda.

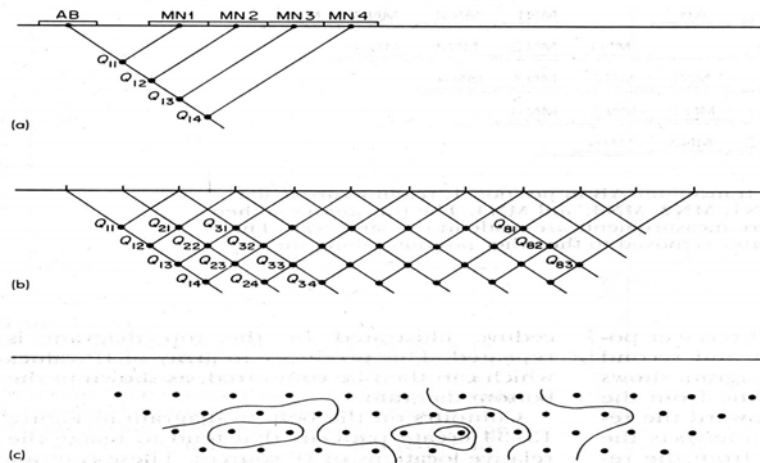


Figura 6 - Representação de uma pseudoseção de medidas de um imageamento elétrico 2-D<sup>[8]</sup>.

O arranjo gradiente, por sua vez, utiliza uma distância fixa (AB) entre os eletrodos de corrente e as medidas de diferença de potencial são procedidas em linhas paralelas (retângulo gradiente), não maiores que  $L = AB/2$ , ou em uma única linha (perfil gradiente). A profundidade aproximada de investigação varia de  $2L/3$  a  $L$ , dependendo da distância em relação à linha de corrente<sup>[9]</sup>. Vários níveis de profundidade são obtidos quando se utilizam vários espaçamentos AB. A separação entre os eletrodos de potencial ( $MN = d$ ), depende do objeto a ser investigado e a relação  $L/d$  normalmente varia entre 10 e 50<sup>[9]</sup>. Os valores de resistividade aparente podem indicar, qualitativamente, fraturas no embasamento percoladas por águas subterrâneas, através do registro de decréscimos deste parâmetro.

A maioria dos métodos geofísicos elétricos, com vistas à prospecção de águas subterrâneas, é realizada com o propósito de identificar áreas que possam ser testadas por métodos diretos, como os poços tubulares. Entretanto, poucos esforços têm sido feitos no sentido de explicar tais resultados em termos de modelos geofísico-geológico-estruturais.

### **Métodos de Inversão**

Todos os métodos de inversão tentam, essencialmente, encontrar um modelo cujas respostas estejam em conformidade com os dados medidos. No método calcado em células, usado pelo programa *Zonge 2D Inversion for Interactive™ IP*, da *Geosoft/Interpex*, os parâmetros são os valores de resistividade em blocos do modelo, enquanto que os dados são os valores de resistividade aparente medidos. Sabe-se muito bem que para um mesmo conjunto de dados há uma ampla variedade de modelos cujas resistividades calculadas se aproximam, em algum grau, dos valores medidos (ambigüidade). Além de tentar minimizar as diferenças entre os valores calculados e medidos, os métodos de inversão também procuram reduzir outros parâmetros que produzem certas características desejadas no modelo resultante. O programa *Zonge 2D Inversion for Interactive™ IP* usa um método iterativo (*smoothness-constrain*) que, partindo de um modelo inicial, tenta encontrar um modelo aprimorado, cujos valores de resistividade aparente sejam mais próximos aos valores medidos.

### **AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS GEOFÍSICOS**

Os equipamentos utilizados na aquisição dos dados geofísicos para o estudo do comportamento da resistividade, são de última geração tecnológica e incluem um sistema completo de polarização induzida e resistividade, fabricado pela *Iris Instruments* (França e Canadá) e é composto dos seguintes módulos: um transmissor de alta potência VIP3000W, alimentado por um gerador Honda EM5000S e um receptor multicanal/espectral ELREC 10. O processamento dos



dados geofísicos foi realizado em ambiente computacional através de pacotes comerciais como *Oasis Montaj<sup>TM</sup>* e *Zonge 2D Inversion for Interactiv<sup>TM</sup> IP*.

### **Centro Politécnico e Jardim Botânico**

Os estudos de fotointerpretação foram realizados a partir de fotografias aéreas tomadas no ano de 1960, na escala 1:70.000, envolvendo conjuntamente os *campi* Centro Politécnico e Jardim Botânico. A localização destes *campi*, assim como os principais fotolineamentos são apresentados na Figura 7. Os estudos geofísicos foram realizados em alvos previamente selecionados pela fotointerpretação, a qual identificou dois lineamentos de direções aproximadas N30E e N70W.

A direção N30E foi investigada através da técnica de imageamento elétrico 2-D, obtendo-se duas pseudoseções de resistividade aparente e os modelos correspondentes. Uma delas, com 720 metros de extensão foi implantada na direção SSW-NNE, denominada L1-Politécnico (Figura 7). A outra, designada L1-Botânico (Figura 7), estendeu-se por 320 metros na direção NW-SE. O arranjo utilizado no levantamento destas linhas foi o dipolo-dipolo, já descrito, no qual empregou-se um espaçamento entre os eletrodos de corrente (AB) e de potencial (MN) de 40 metros, com seis níveis de investigação.

A Figura 8 (L1-Politécnico) mostra que os valores de resistividade aparente indicam que a variação vertical é bem maior do que a horizontal, refletindo uma coluna geoeétrica estratificada horizontalmente. Na seção de resistividade modelada (verdadeira), a tendência subhorizontal da distribuição da resistividade é mantida, mostrando que as camadas mais superficiais (até 50 metros) são menos resistivas (<15 ohm.m), ao passo que os níveis mais profundos (> 50 metros) são mais resistivos (>15 ohm.m). Do ponto de vista hidrogeológico, os poços PP1 e PP2, apesar de atingirem o embasamento a uma profundidade aproximada de 50 metros, foram improdutivos. Estas informações permitiram calibrar os modelos, ou seja, as baixas resistividades (tonalidades lilás) estão relacionadas aos sedimentos da Formação Guabirotuba, enquanto que as altas resistividades (tonalidades azul e branca) caracterizam o embasamento cristalino. Os dados geofísicos mostram que não existem variações laterais de resistividade, do que decorre a ausência de descontinuidades verticais passíveis de circular águas subterrâneas, desta forma justificando a improdutividade dos poços, portanto sem propostas de locação até a profundidade investigada pela geofísica.

A Figura 9 (L2-Botânico) mostra que a pseudoseção de resistividade aparente indica que os níveis superficiais são caracterizados por baixos valores. Já nos níveis mais profundos ocorre uma pequena variação lateral, indicando um núcleo mais resistivo no segmento ocidental. A seção modelada revela o mesmo padrão indicado pela pseudoseção, porém salientando melhor a

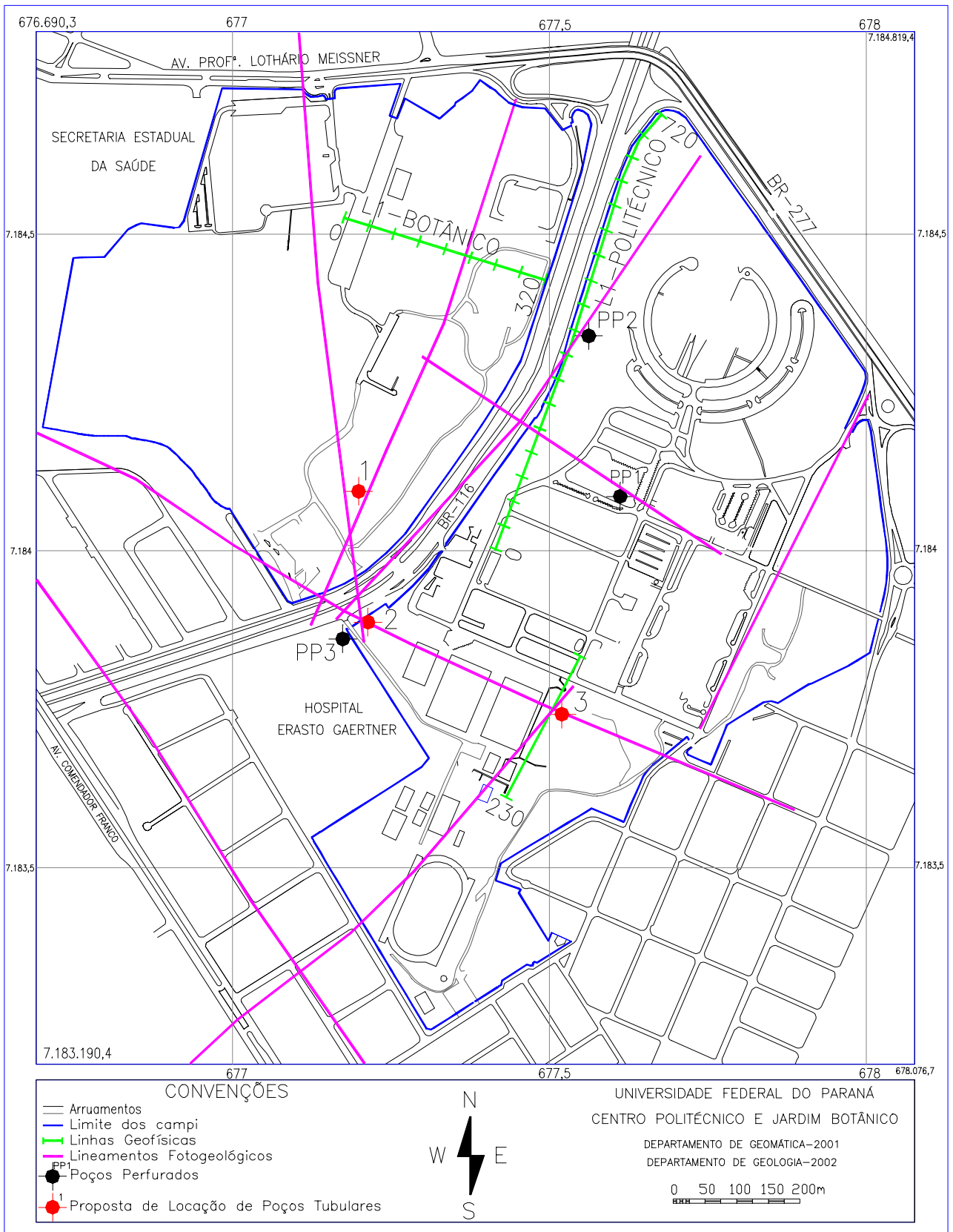


Figura 7 – Mapa dos *campi* Centro Politécnico e Jardim Botânico indicando a localização das linhas geofísicas, os lineamentos, os poços perfurados e as novas localizações.

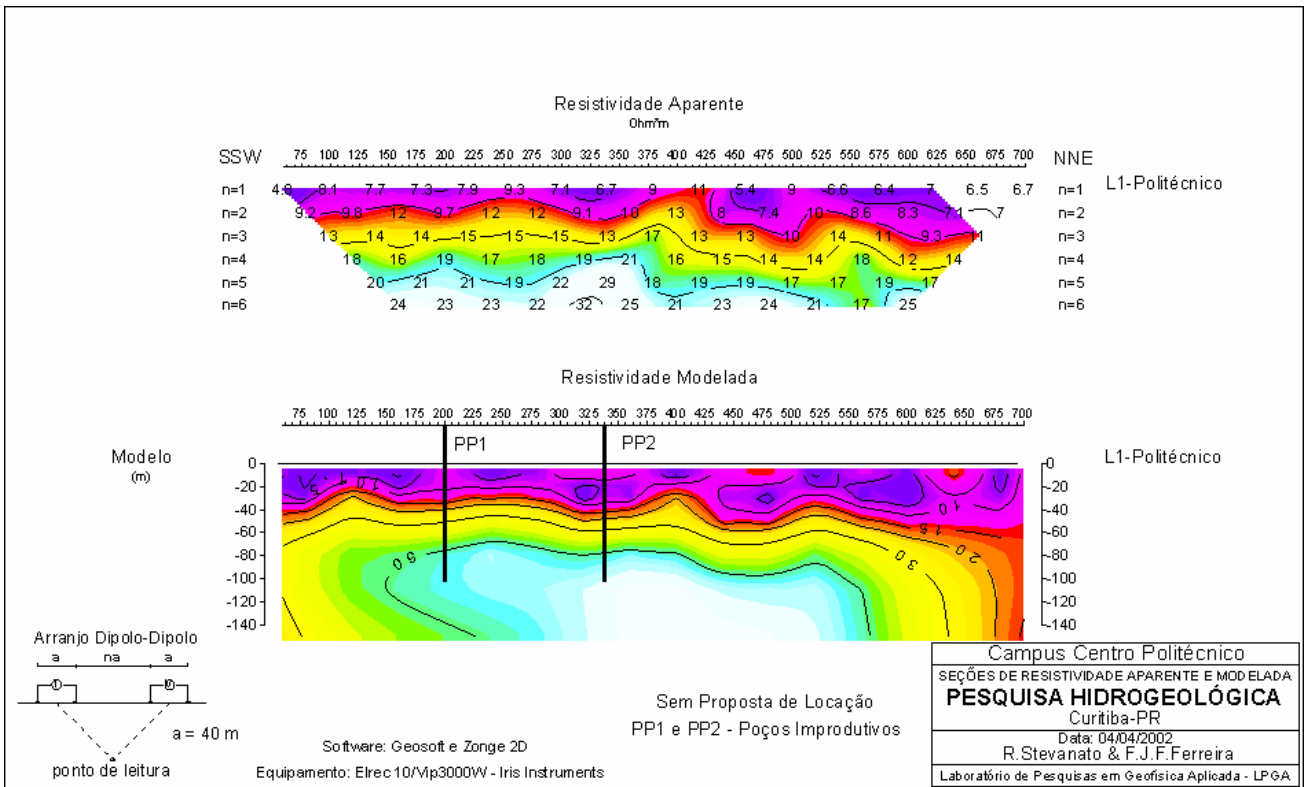


Figura 8 – Seções de resistividade aparente e modelada da Linha 1 do Centro Politécnico – UFPR.

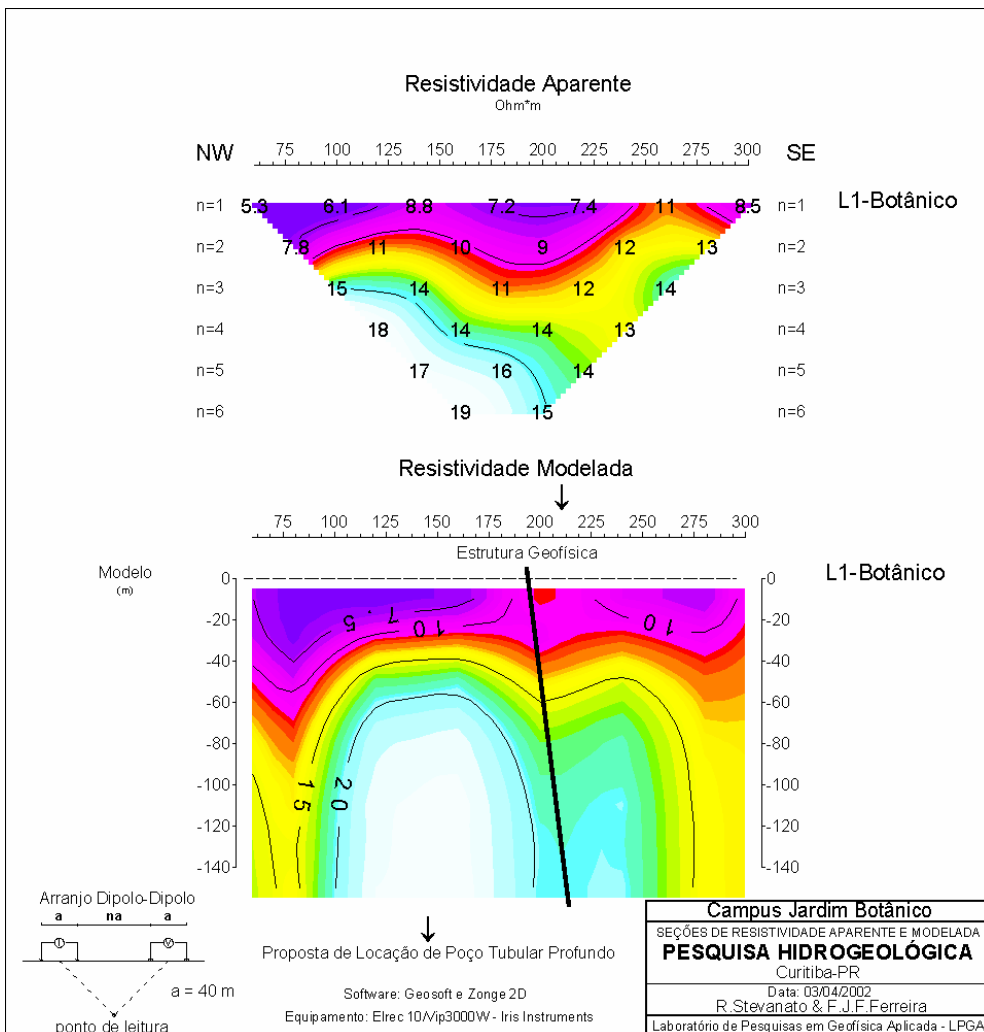


Figura 9 – Seções de resistividade aparente e modelada da Linha 1 do Jardim Botânico – UFPR.

descontinuidade do embasamento, em torno da estação 200, com alto ângulo de mergulho. Esta feição geofísica coincide com a estrutura fotointerpretada, o que motivou a proposta de locação de poço tubular profundo.

A direção N70W foi pesquisada pela técnica do arranjo gradiente em apenas uma linha (perfil arranjo gradiente), onde se empregaram dois espaçamentos entre os eletrodos de corrente (AB = 170 e 230 m) e apenas um entre os eletrodos de potencial (MN = 10 m), permitindo investigar dois níveis de profundidade. Os resultados obtidos (Figura 10) indicam uma excelente correlação entre os dois perfis, notando-se um decréscimo da resistividade aparente, sobretudo entre as estações 5 e 2. Esta última estação, com resistividades aparentes de 10,5 e 6,5 ohm.m, AB = 230 m e 170 m, respectivamente, coincidem com a estrutura fotointerpretada, sugerindo que a mesma encerra potencial para água.

Assim, com base nos resultados obtidos nos *campi* Centro Politécnico e Jardim Botânico, foram propostas 3 (três) locações conforme indicadas na Figura 7. Tais propostas foram embasadas tanto na interpretação geofísica, quanto na coincidência com cruzamentos de fotolineamentos. Deve-se observar na Figura 7 que a locação 2 está próxima do poço PP3, perfurado em agosto de 1996, em propriedade do Hospital Erasto Gaertner, cujo perfil descritivo mostra que o mesmo, com profundidade total de 150 metros, atingiu o embasamento a 53 metros, com entradas de água no intervalo 70-80 metros, fornecendo uma vazão de 3 m<sup>3</sup>/h.

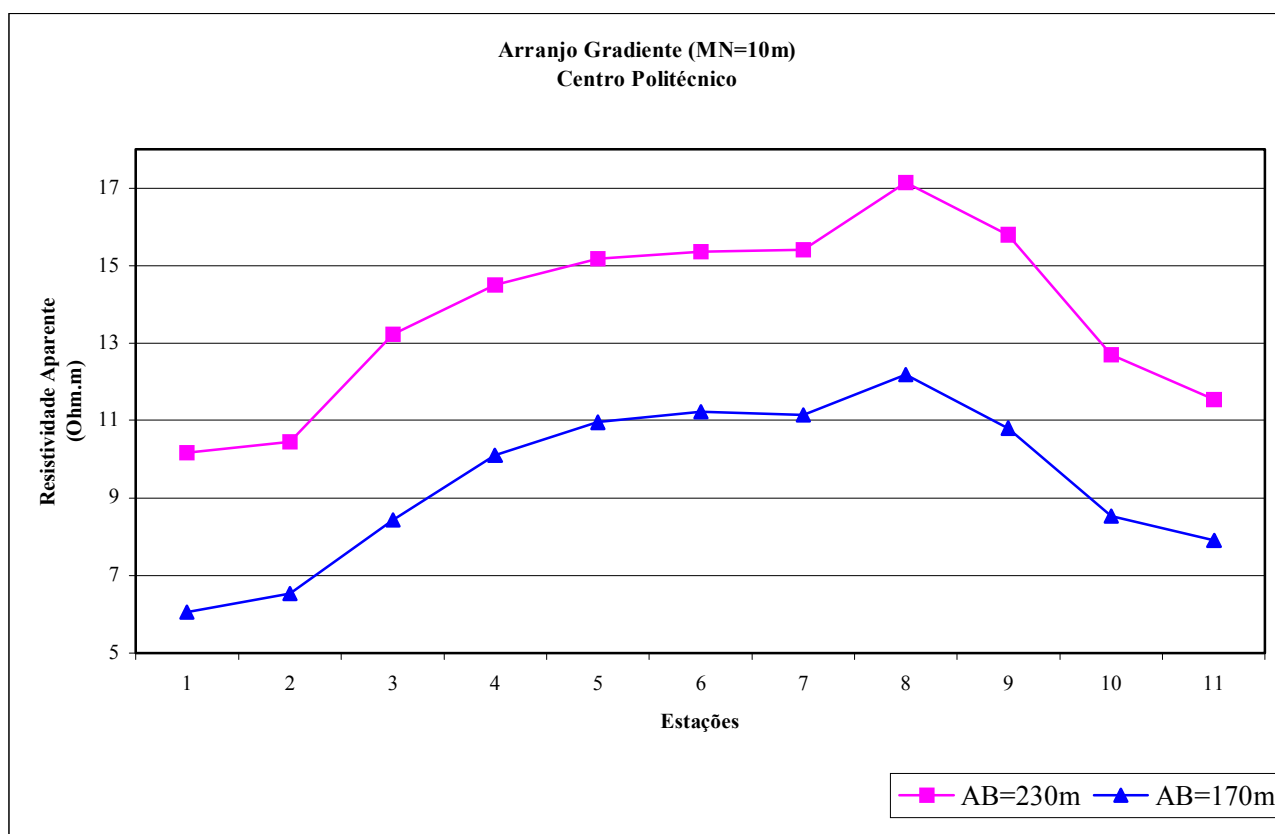


Figura 10 – Perfis de resistividade aparente no arranjo gradiente no Centro Politécnico – UFPR.

## Centro de Estações Experimentais – Fazenda Cangüiri

O estudo de fotointerpretação foi realizado sobre fotografias aéreas na escala 1:25.000, adquiridas em 1980. O resultado é mostrado na Figura 10, onde estão representados os lineamentos negativos de relevo, indicando prováveis zonas de fraqueza. A maioria dos lineamentos mostra boa correlação com as estruturas geofísicas descritas anteriormente, principalmente aquelas de direção geral N-S.

As pesquisas na Fazenda Cangüiri foram muito importantes para a definição da assinatura geofísica do embasamento cristalino. A perfuração de três poços profundos anteriores a esta pesquisa constatou os problemas de prospecção de aquíferos fissurados neste ambiente, uma vez que um deles é improdutivo (PE2) e os outros dois denotam baixas vazões (PE3 com 2,00 m<sup>3</sup>/h e PE4 com 3,77 m<sup>3</sup>/h).

Em função do grande espaço físico disponível na Fazenda Cangüiri foi possível levantar seis linhas de imageamento elétrico 2-D, cuja localização é vista na Figura 11. Todas as linhas foram executadas com o arranjo dipolo-dipolo, espaçamento entre os eletrodos de corrente e de potencial de 50 metros, tendo-se investigado 10 níveis de profundidade.

Para este trabalho foram selecionadas as pseudoseções de resistividade aparente e os modelos de profundidade obtidos por inversão das linhas 1 (1150m) e 2 (900m), indicadas nas Figuras 12 e 13, respectivamente. Nota-se que o comportamento geoeletrico entre elas é similar, ou seja, distribuição horizontalizada e homogênea das curvas resistivimétricas, onde os níveis superficiais (n = 1 a n= 5), menores que 80 metros, são mais condutivos (<20 ohm.m) e os níveis mais profundos, maiores que 80 metros (n = 6 a n = 10), são mais resistivos (> 20 ohm.m).

Os níveis superficiais condutivos (< 80 m), provavelmente representam a resposta geoeletrica do conjunto dos sedimentos da Formação Guabirotuba e da porção alterada do topo do embasamento cristalino, enquanto os segmentos mais profundos (> 80 m) são correlacionados com o embasamento resistivo. As estruturas geofísicas que indicam prováveis descontinuidades no embasamento são mostradas nas estações 580 das Figuras 12 e 13, as quais situam-se em zonas de baixa resistividade relativamente a núcleos resistivos marginais.

Finalmente, observa-se nas Figuras 12 e 13 que os poços improdutivos (PE1 e PE2 - Linha 1) e os de baixa vazão (PE3 e PE4 – Linha 2), atravessaram tratos de elevadas resistividades do embasamento, quando comparados com as locações propostas.

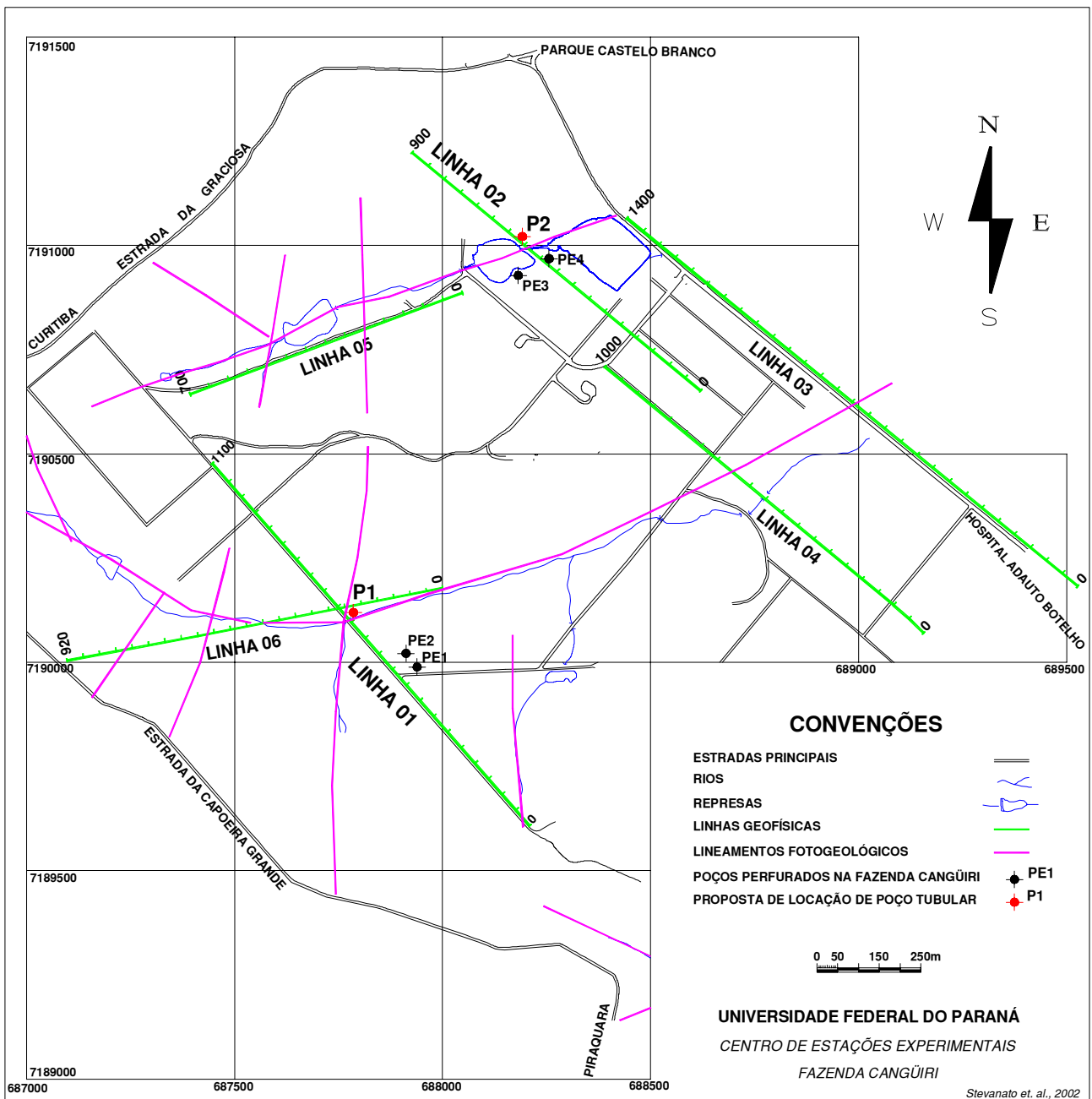


Figura 11 – Mapa do Centro de Estações Experimentais (Fazenda Cangüiri) indicando as linhas geofísicas, os lineamentos, os poços perfurados e as novas locações.

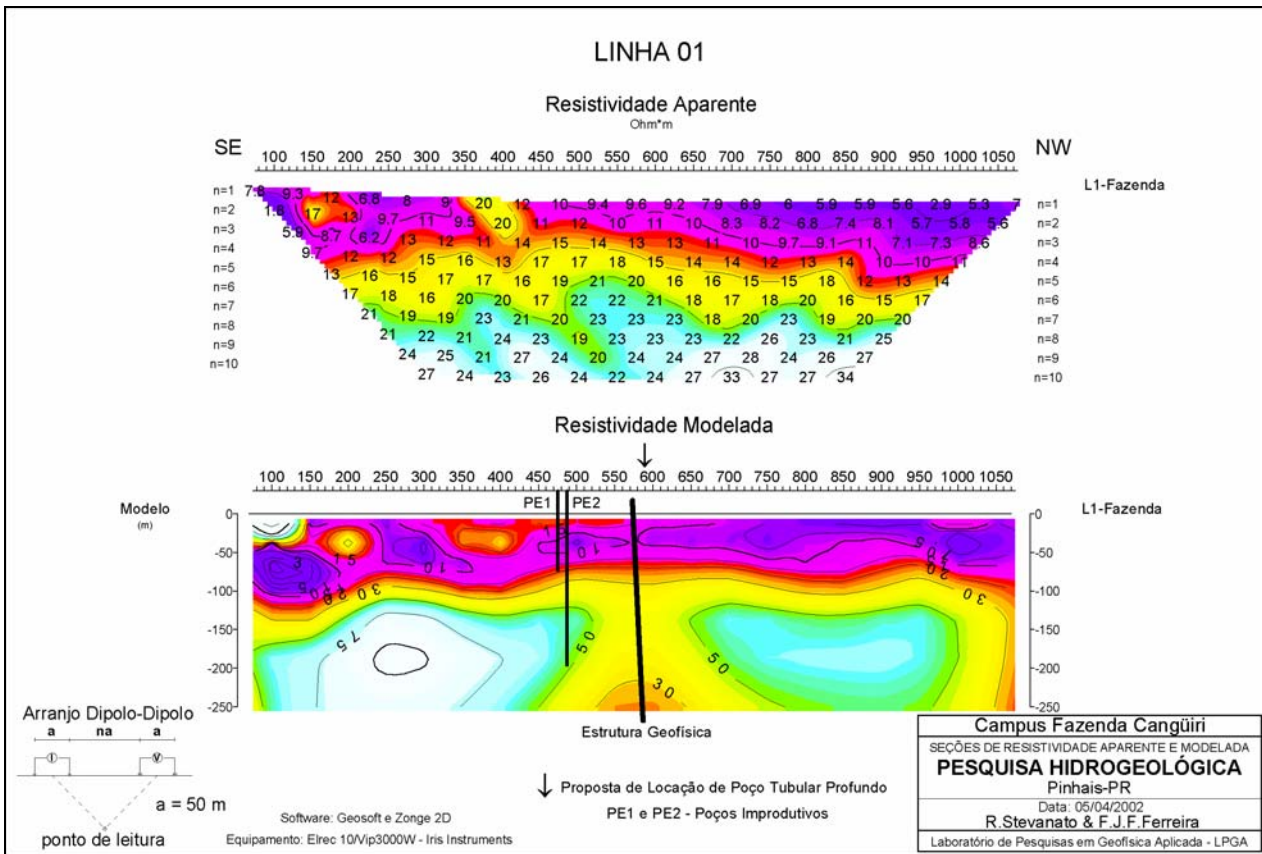


Figura 12 – Seções de resistividade aparente e modelada da Linha 01 da Fazenda Cangüiri – UFPR.

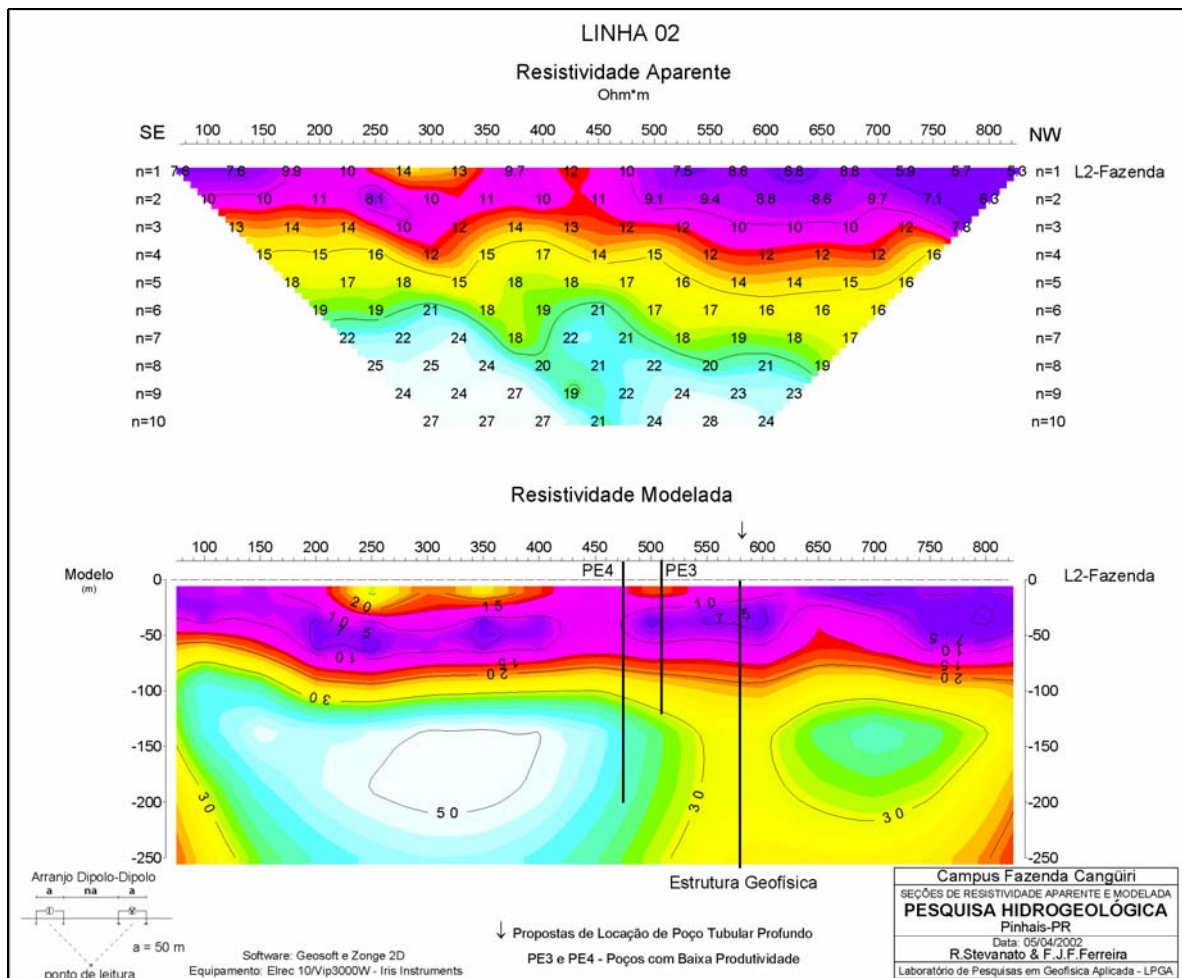


Figura 13 – Seções de resistividade aparente e modelada da Linha 02 da Fazenda Cangüiri - UFPR.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho resultou no desenvolvimento de uma seqüência de procedimentos e métodos voltados para a identificação de descontinuidades no embasamento da Bacia de Curitiba, passíveis de circular águas subterrâneas, a qual será testada com a perfuração de poços tubulares profundos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos geólogos José Roberto de Góis, Carlos Eduardo Dorneles Vieira, Carlos Vieira Portela Filho, Michael Strugale e Maximilian Forlin pela colaboração durante o desenvolvimento da pesquisa e aos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação em geologia da Universidade Federal do Paraná pelo apoio nos trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Salamuni, E. 1998. Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), 211p. (inédito).
- [2] Nogueira F<sup>o</sup>, J. 1997. A Bacia Hidrogeológica de Curitiba. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 164p. (inédito).
- [3] Riccomini, C. 1989. O *rift* continental do sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), 287p. (inédito).
- [4] Salamuni, R. 1981. Geologia da água subterrânea na região metropolitana de Curitiba. *In*: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba-PR, SBG, v.2, p.372-381.
- [5] Rosa Filho, E.F da; Paranhos Filho, A.C.; Prazeres Filho, H.J. dos; Valaski, Z. 1996. Considerações sobre aspectos físicos e hidráulicos da Formação Guabirotuba na região nordeste de Curitiba. Boletim Paranaense de Geologia. Universidade Federal do Paraná - UFPR, v.44, p.35-50.
- [6] Rosa Filho, E.F. da; Bittencourt, A.V.L.; Hindi, E.C. 1998. Hidroquímica da Formação Guabirotuba na porção oriental da Bacia de Curitiba. Boletim Paranaense de Geologia. Universidade Federal do Paraná -UFPR, v.46, p.131-139.
- [7] Chavez, L. 2002. Análise da tectônica rúptil em rochas do embasamento da Bacia de Curitiba com vistas à determinação de áreas favoráveis à exploração de água subterrânea. Atas do IV Seminário do Curso de Pós-Graduação em Geologia da UFPR, p.17.
- [8] Robinson, E. & Corun, C. 1988. Basic Exploration Geophysics. John Wiley & Sons, 562p.
- [9] Bertin, J. & Loeb, J. 1976. Experimental and Theoretical Aspects of Induced Polarization. Geoexploration Monographs, Series 1, n. 1. 250p.